

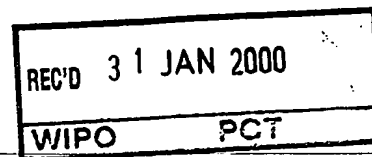
PCT/DE 99/03881

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



09/868773



Bescheinigung

DE 99/3881

Die Siemens Aktiengesellschaft in München/Deutschland hat eine Patentanmeldung
unter der Bezeichnung

"Verfahren zum Synchronisieren von mehreren digitalen
Eingangssignalen"

am 23. Dezember 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-
lichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole
H 04 L und H 02 H der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 14. Januar 2000

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Aktenzeichen: 198 60 720.2

Jerofsky

Beschreibung

Verfahren zum Synchronisieren von mehreren digitalen Eingangssignalen

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Synchronisieren von mehreren digitalen Eingangssignalen, die durch Abtasten mit jeweils einem eigenen Arbeitstakt gebildet sind.

10

Ein Verfahren dieser Art ist der europäischen Patentschrift EP 0 198 684 B1 entnehmbar. Nach diesem Verfahren arbeitet nämlich ein in dieser Patentschrift beschriebenes Differentialrelais zum Schützen einer elektrischen Energieübertragungs-

15

leitung, die an verschiedenen Stellen hinsichtlich des hindurchfließenden Stromes überwacht wird. Die Ströme an den verschiedenen Stellen der Energieübertragungsleitung werden in digitale Eingangssignale umgesetzt, indem ein Abtasten mit jeweils einem eigenen Arbeitstakt an den verschiedenen Stellen der zu überwachenden Energieversorgungsleitung erfolgt;

20

das Abtasten wird dabei an den verschiedenen Stellen nicht mit einem synchronen Takt vorgenommen, sondern mit schwach unterschiedlichen Taktfrequenzen. Zwischen den verschiedenen Stellen der Energieübertragungsleitung verläuft ein digitaler Übertragungskanal, über den von einem Erfassungsgerät

25

(Master) an einer Stelle der Energieversorgungsleitung eine aufrufende Nachricht zu einer anderen Stelle übertragen wird, wobei die aufrufende Nachricht auch Daten enthält, die einen Hinweis über den Abtastzeitpunkt an der einen Stelle geben.

30

Auf die aufrufende Nachricht hin wird von einem Erfassungsgerät (Slave) an der anderen Stelle der Energieübertragungsleitung ein Rücksignal ausgesendet, das unter anderem die Information über den Abtastzeitpunkt im Master und über eine Zeitdifferenz zwischen dem letzten Abtastzeitpunkt im Slave

und dem nachfolgenden Empfangszeitpunkt der aufrufenden Nachricht im Slave enthält. Aus dem vom Master empfangenen Rücksignal wird im Master auf den zeitlichen Versatz der Ab-

5 tastzeitpunkte an den beiden verschiedenen Stellen der Energieübertragungsleitung geschlossen und nach einer Vektortransformation der empfangenen Daten durch eine entsprechende Zeigerdrehung der Zeitversatz hinsichtlich der unterschiedlichen Abtastzeitpunkte ausgeglichen.

10 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Synchronisieren von mehreren digitalen Eingangssignalen so fortzuentwickeln, daß es sich vergleichsweise einfach und zuverlässig ohne die Notwendigkeit der Bildung von Zeigergrößen durchführen läßt.

15

Zur Lösung dieser Aufgabe werden bei einem Verfahren der eingangs angegebenen Art erfindungsgemäß durch Abtasten der digitalen Eingangssignale mit einem gemeinsamen Nachbearbeitungstakt digitale Hilfssignale gebildet, wobei ein Nachbearbeitungstakt verwendet wird, der mindestens doppelt so
20 schnell wie der langsamste Arbeitstakt ist; mittels Interpolieren jedes digitalen Hilfssignals werden synchronisierte digitale Ausgangssignale gebildet, die den digitalen Eingangssignalen entsprechen.

25

Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß mit ihm das Synchronisieren von mehreren digitalen Eingangssignalen auch dann möglich ist, wenn diese Eingangssignale aus analogen Eingangssignalen durch Abtasten
30 mit jeweils sehr unterschiedlichem Arbeitstakt gebildet sind. Von den zum Erzeugen der Arbeitstakte erforderlichen Taktgebern sind daher zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens nur relativ niedrige Ansprüche zu erfüllen. Außer-

dem stellt das erfindungsgemäße Verfahren relativ bescheidene Ansprüche an die Qualität der Übertragungskanäle. Ein weiterer wichtiger Vorteil besteht darin, daß das erfindungsgemäße Verfahren relativ einfach durchführbar ist, weil das Abtasten digitaler Eingangssignale mit einem gemeinsamen Nacharbeitungstakt und das Interpolieren der so gebildeten digitalen Hilfsgrößen für sich betrachtet gängige Maßnahmen sind.

Das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich mit hinreichender Genauigkeit dann durchführen, wenn die digitalen Eingangsgrößen sinus- bzw. cosinus-förmige Signale sind. Oft ist dies nicht der Fall, so daß dann relativ große Fehler in Kauf genommen werden müssen. Wenn dies im Hinblick auf die gegebenen Anforderungen nicht akzeptabel ist, dann erscheint es gemäß einer Weiterbildung der Erfindung vorteilhaft, wenn die digitalen Eingangssignale vor ihrer Abtastung mit dem gemeinsamen Nachbearbeitungstakt mit einem Filter mit einer Charakteristik gefiltert werden, die invers zur Charakteristik eines zum Interpolieren verwendeten Interpolationsfilters ist. Bei dieser Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ergibt sich auf der Übertragungsstrecke der digitalen Eingangsgrößen bis zur Bildung der digitalen Ausgangsgrößen eine Übertragungscharakteristik mit dem Wert 1, wodurch digitale Ausgangsgrößen bildbar sind, die sehr genau den digitalen Eingangsgrößen entsprechen.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn unmittelbar nach dem Interpolieren eine Filterung mit einem Antialiasingfilter vorgenommen wird, um eine Bandbreitenbegrenzung für ein mit den digitalen Ausgangssignalen zu beaufschlagendes Auswertegerät zu erzielen.

Die zu synchronisierenden digitalen Eingangssignale können sehr unterschiedlich gebildet sein. Beispielsweise können sie Ausgangssignale von Sensoren sein, die aus analogen Ein-

5 Signale an ihrem Ausgang abgeben. Ferner können die digitalen Eingangssignale aus analogen Meßgrößen eines elektrischen Energieversorgungssystems durch Abtasten an verschiedenen Punkten des Energieversorgungssystems erzeugt sein. Als besonders vorteilhaft wird das erfindungsgemäße Verfahren angesehen, wenn die digitalen Eingangsgrößen aus mit jeweils einem eigenen Arbeitstakt abgetasteten Sekundärgrößen von Meßwandlern in einem elektrischen Energieversorgungssystem gewonnen werden. Dabei können die Meßwandler an verschiedenen Positionen z. B. in einem Umspannwerk angeordnet sein, oder

15 auch als Bestandteil einer Differentialschutzanordnung an den Enden einer elektrischen Energieübertragungsleitung oder an äußeren Anschlüssen eines Generators oder Leistungstransformators gewonnen werden.

20 Sind die Meßwandler Rogowski-Meßwandler, dann werden die aus den Sekundärgrößen solcher Meßwandler gebildeten digitalen Eingangssignale direkt in die digitalen Hilfsgrößen umgesetzt, und es wird zum Interpolieren ein Integrator verwendet.

25

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung sind in Figur 1 ein Ausführungsbeispiel einer Anordnung zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens in Form eines Blockschaltbildes, in

30 Figur 2 ein Ausführungsbeispiel eines Filters zur Filterung der digitalen Eingangsgrößen, in
Figur 3 Charakteristik und Struktur des Filters nach Figur 2, in

Figur 4 ein Ausführungsbeispiel eines Interpolationsfilters und in

Figur 5 Charakteristik und Struktur des Filters nach Figur 4 dargestellt.

5

Wie die Figur 1 erkennen läßt, liegt an einem Eingang 1 einer Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ein analoges Eingangssignal $x(t)$ an, das in einem Analog-Digital-Umsetzer 2 in ein digitales Eingangssignal $x(k)$ umgesetzt wird. Dieses digitale Eingangssignal $x(k)$ durchläuft einen von einem Differentiator gebildeten Signalencoder 3, so daß am Ausgang des Signalencoders 3 eine Impulsfolge $xd(k)$ entsteht, die durch Differentiation des digitalen Eingangssignals $x(k)$ entstanden ist. Mittels einer Sendeeinrichtung 4 wird die Impulsfolge $xd(k)$ über einen Übertragungskanal 5 zu einer Empfangseinrichtung 6 übertragen, die ausgangsseitig die Impulsfolge $xd(k)$ abgibt.

20

Die in Figur 1 dargestellte Anordnung enthält eine weitere Empfangseinrichtung 7, die mit ihrem Eingang 8 in einer Weise mit einem weiteren Eingang 9 der Anordnung verbunden ist, wie es im Zusammenhang mit der Empfangseinrichtung 6 in Bezug auf den Eingang 8 beschrieben worden ist. Die punktierte Darstellung soll einen Analog-Digital-Umsetzer entsprechend dem Analog-Digital-Umsetzer 2, einen Signalencoder entsprechend dem Signalencoder 3, eine Sendeeinrichtung entsprechend der Sendeeinrichtung 4 und einen Übertragungskanal entsprechend dem Übertragungskanal 5 beinhalten. Am Ausgang der weiteren Empfangseinrichtung 7 entsteht dann eine Impulsfolge $yd(k)$, die entsprechend der Impulsfolge $xd(k)$ aus dem Signal $y(t)$ gewonnen ist.

25

30

Außer der Empfangseinrichtung 7 können weitere zusätzliche Empfangseinrichtungen in gleicher Weise mit zusätzlichen Impulsfolgen beaufschlagt sein.

- 5 Ausgangsseitig ist an die Empfangseinrichtungen 6 und 7 ein Signaldecoder 10 angeschlossen, der eingangsseitig eine Resamplungeinrichtung 11 enthält. Diese Resamplungeinrichtung 11 kann so aufgebaut sein und so arbeiten, wie es in der US-Patentschrift 5,075,880 im einzelnen, insbesondere in Figur 5
- 10 dargestellt und im Zusammenhang damit beschreiben ist. In der Resamplungeinrichtung 11 werden also die digitalen Eingangssignale $x_d(k)$ und $y_d(k)$ jeweils für sich mit einem gemeinsamen Nachbearbeitungstakt der Resamplungeinrichtung abgetastet und dabei digitale Hilfssignale $x_d(nk+j)$ und $y_d(nk+j)$
- 15 durch Einfügen von Nullwerten gebildet. Dabei ist die Resamplungeinrichtung 11 hinsichtlich ihres Nachbearbeitungstaktes so ausgestaltet, daß dieser wenigstens doppelt so schnell wie der schnellste Arbeitstakt bei der Bildung der digitalen Eingangssignale $x(k)$ ist. Liegen beispielsweise die Ab-
- 20 tastfrequenzen zur Gewinnung der digitalen Eingangssignale $x(k)$ zwischen etwa 1 bis 40 kHz, dann kommt für den Nachbearbeitungstakt ein Frequenzbereich zwischen 10 und 500 kHz infrage; empfehlenswert sind ca. 200 kHz.
- 25 Die digitalen Hilfssignale $x_d(nk+j)$ und $y_d(nk+j)$ mit vergleichsweise hohem Nacharbeitungstakt werden jeweils einem Interpolationsfilter 12 bzw. 13 zugeführt, bei dem es sich in dem dargestellten Ausführungsbeispiel um jeweils einen Integrator handelt. Integratoren werden jeweils deshalb einge-
- 30 setzt, weil als Signalencoder 3 Differentiatoren benutzt worden sind. Somit ergibt sich hinsichtlich der Funktionsweise des Signalencoders 3 und des Integrators 12 des Signaldecoders 10 eine Übertragungscharakteristik mit dem Wert 1.

Grundsätzlich kommen auch andere Interpolationsfilter infrage, z. B. Lagrange-Interpolatoren oder Spline-Interpolatoren.

5 Die am Ausgang der Integratoren 12 und 13 gebildeten Impulsfolgen $x(nk+j)$ und $y(nk+j)$ sind synchronisiert und werden jeweils einem Antialiasingfilter 14 und 15 zugeführt, mittels denen die Impulsfolgen auf die für die Verarbeitung in einem nicht dargestellten Auswertegerät erforderliche Bandbreite
10 begrenzt werden. Es entstehen somit digitale Ausgangssignale $x(m)$ am Ausgang des einen Antialiasingfilters 14 und $y(m)$ am Ausgang des anderen Antialiasingfilters 15. Diese digitalen Ausgangssignale $x(m)$ und $y(m)$ können nun in bekannter Weise auf eine Abtastrate reduziert werden, wie sie für ein nicht
15 dargestelltes Auswertegerät passend ist. Diese Abtastrate muß durch einen ganzzahligen Teiler aus der Abtastrate der Resamplingeinrichtung 11 entstehen. Bei den angenommenen Frequenzen liegen sinnvolle Werte hier zwischen 0,6 und 10 kHz für Anwendungsfälle bei der Überwachung von elektrischen
20 Energieversorgungssystemen.

Sind $x(t)$ und $y(t)$ reine Sinus- oder Cosinussignale, dann kann jeweils auf den Signalencoder 3 verzichtet werden. Dies gilt auch bei nicht reinen Sinus- oder Cosinussignalen dann,
25 wenn $x(t)$ und $y(t)$ Ausgangsgrößen von Rogowski-Wandlern sind, weil diese Ausgangsgrößen dem Differentialquotienten der Wandlereingangsgrößen entsprechen.

In Figur 2 ist ein Ausführungsbeispiel für einen Signalencoder 3 gemäß Figur 1 dargestellt, der als FIR-Filter mit Wirkung als Differentiator ausgebildet ist. Mit A ist hier der Eingang des Signalencoders und mit B der Ausgang bezeichnet. Aus dem digitalen Eingangssignal $x(k)$ wird die Im-

pulsfolge $x_d(k)$ gebildet. Die Koeffizienten a_0 , a_1 und b_1 des Signalcoders 3 sind wie folgt bemessen:

Koeffizient	Wert
a_0	0.666666666666667
a_1	-0.666666666666667
b_1	0.833333333333333

5 In der oberen Darstellung der Figur 3 ist der Amplitudenverlauf über der Frequenz des Signalencoders nach Figur 2 dargestellt, während in der unteren Darstellung der Figur 3 der Phasenverlauf über der Frequenz eines solchen Filters wiedergegeben ist.

10

Die in Figur 4 dargestellte Interpolationseinrichtung 12 bzw. 13 gemäß Figur 1 zeigt ein FIR-Filter als Integrator mit Koeffizienten a_0 , a_1 , b_1 mit einer Bemessung, wie sie aus der nachstehenden Tabelle entnehmbar ist. Mit C ist der Eingang
15 dieses FIR-Filters und mit D dessen Ausgang bezeichnet.

Koeffizient	Wert
a_0	1.500000000000000
a_1	1.250000000000000
b_1	-1

In der oberen Darstellung der Figur 5 ist der Amplitudenverlauf über der Frequenz des Filters nach Figur 4 und in der
20 unteren Darstellung der Figur 5 der Phasenverlauf über der Frequenz eines solchen Filters gezeigt. Es ist erkennbar, daß die Frequenzverläufe der Filter nach den Figuren 2 und 4 invers zueinander sind, was zu der angestrebten Übertragungsfunktion mit dem Wert 1 führt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Synchronisieren von mehreren digitalen Eingangssignalen ($x(k)$), die durch Abtasten mit jeweils einem

5 eigenen Arbeitstakt gebildet sind,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß

- durch Abtasten der digitalen Eingangssignale ($x(k)$) mit einem gemeinsamen Nachbearbeitungstakt digitale Hilfssignale ($x_d(nk+j)$, $y_d(nk+j)$) gebildet werden, wobei
- 10 - ein Nachbearbeitungstakt verwendet wird, der mindestens doppelt so schnell wie der schnellste Arbeitstakt ist, und
- mittels Interpolieren jedes digitalen Hilfssignals ($x_d(nk+j)$, $y_d(nk+j)$) synchronisierte digitale Ausgangssignale ($x(m)$, $y(m)$) gebildet werden, die den digitalen
- 15 Eingangssignalen ($x(k)$) entsprechen.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß

- die digitalen Eingangssignale ($x(k)$) vor ihrer Abtastung
- 20 mit dem gemeinsamen Nachbearbeitungstakt mit einem Filter (3) mit einer Charakteristik gefiltert werden, die invers zur Charakteristik eines zum Interpolieren verwendeten Interpolationsfilter (12, 13) ist.

25 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß

- unmittelbar nach dem Interpolieren eine Filterung mit einem Antialiasingfilter (14, 15) vorgenommen wird.

30 4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß

- die digitalen Eingangssignale aus mit jeweils einem eigenen Arbeitstakt abgetasteten Sekundärgrößen von Meßwand-

lern in einem elektrischen Energieversorgungssystem gewonnen werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß

- bei aus Sekundärgrößen von Rogowski-Meßwandlern gebildeten digitalen Eingangssignalen aus diesen Eingangssignalen direkt die digitalen Hilfssignale gebildet werden und
- zum Interpolieren ein Integrator verwendet wird.

98 P 4 2 3 0

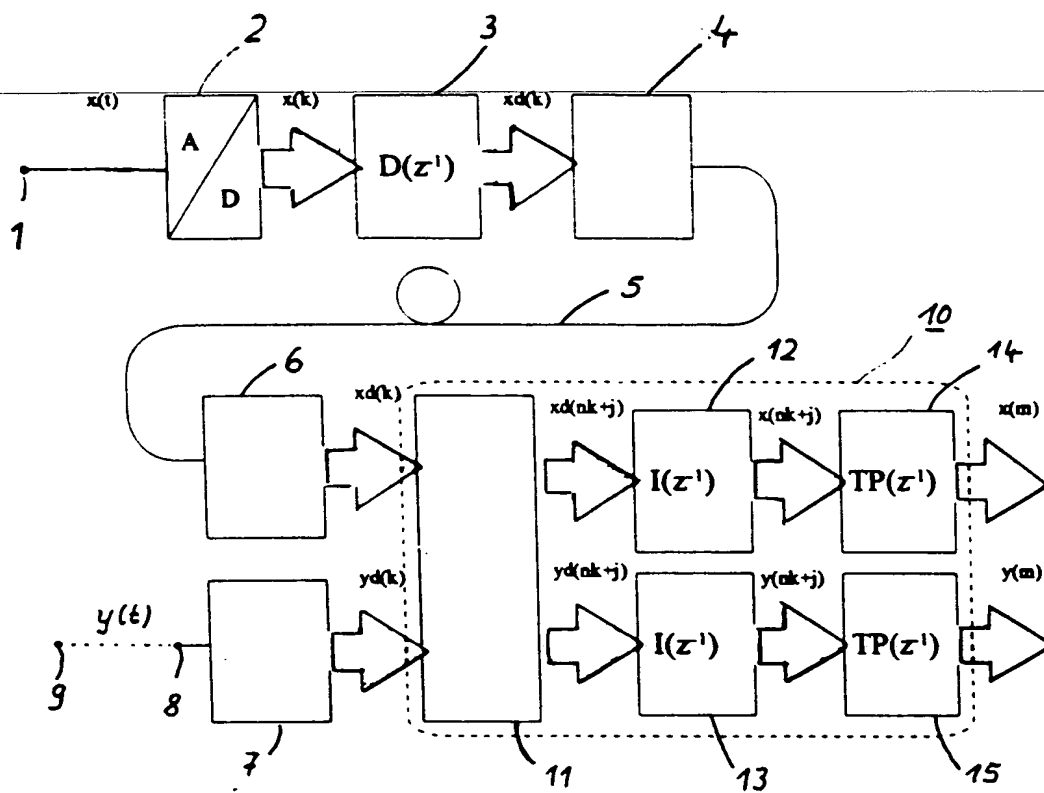


Fig. 1

98 P 4 2 3 0

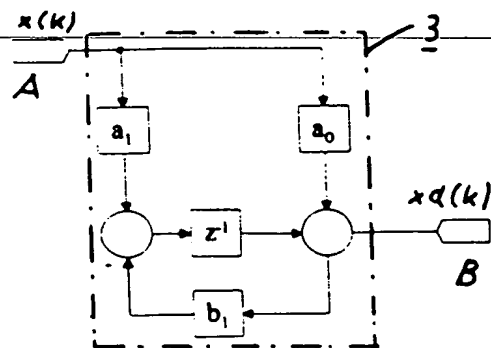


Fig. 2

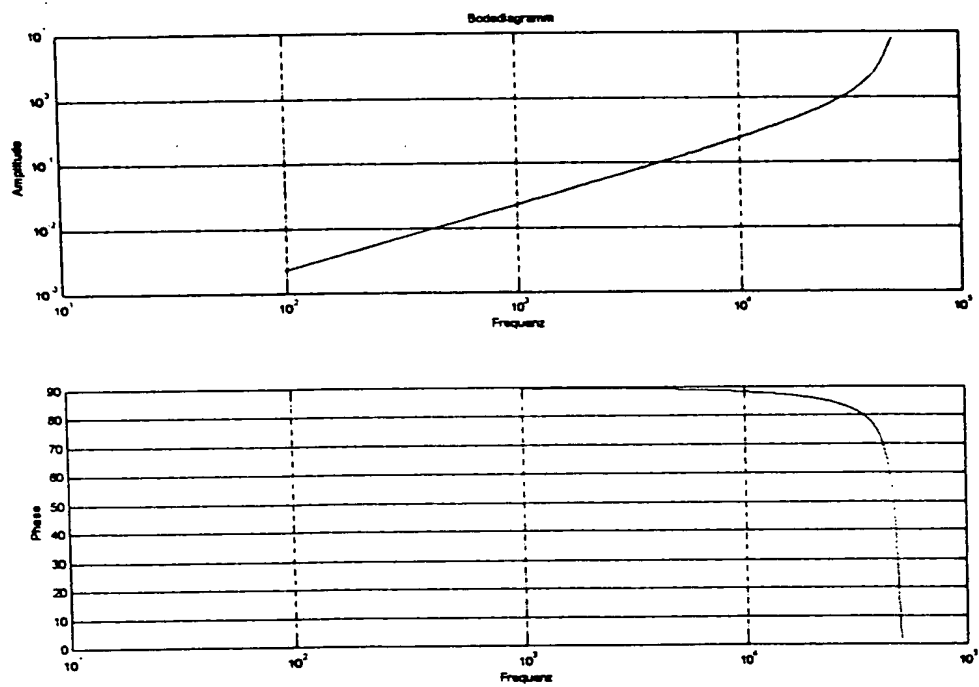


Fig. 3

98 P 4 2 3 0

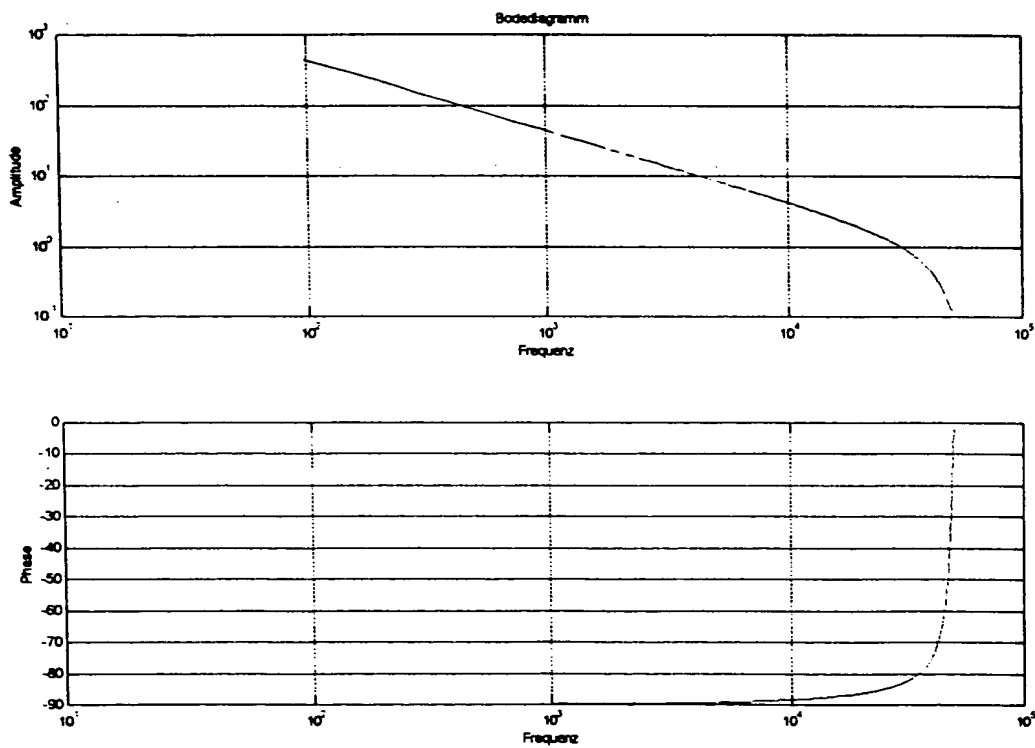
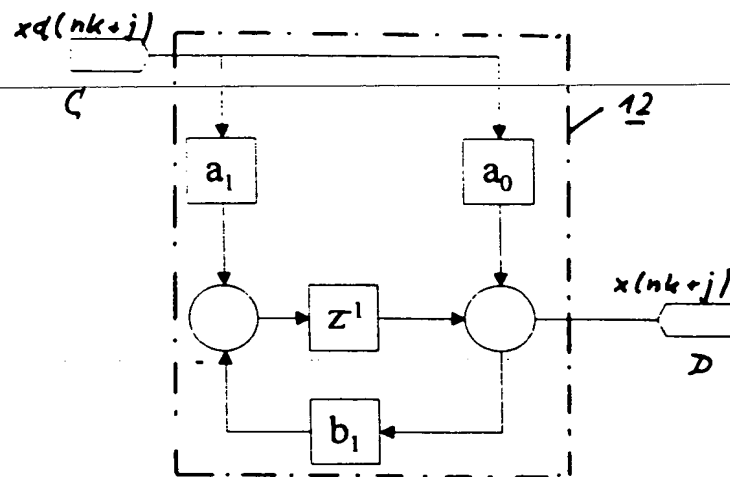


Fig. 5

***This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

This Page Blank (uspto)